

22663
⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Pat ntschrift
⑪ DE 2452486 C2

⑤ Int. Cl. 4:
C21 D 1/02
C 21 D' 1/62

⑲ Aktenzeichen: P 24 52 486.5-24
⑳ Anmeldetag: 5. 11. 74
㉑ Offenlegungstag: 7. 5. 75
㉒ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 10. 85

DE 2452486 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③④
06.11.73 SE 7315058

⑦③ Patentinhaber:
Plannja AB, Luleå, SE

⑦④ Vertreter:
Mitscherlich, H., Dipl.-Ing.; Guschmann, K.,
Dipl.-Ing.; Körber, W., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.;
Schnidt-Evers, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000
München

⑦⑦ Erfinder:
Ridderstrale, Calr-Eric, Gammelstad, SE

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-PS 86 163
DE-AS 12 84 978
GB 9 39 832

Neue Hütte, 1. Jahrgang, H. 6, Mai 1958, S. 322-332;
Atlas zur Wärmebehandlung der Stähle, Bd.2, 1972,
Verlag Stahl Eisen GmbH, Düsseldorf, S. 175;

⑤④ Verfahren zum Preßformen und Härten eines Stahlblechs mit geringer Materialdicke und guter Maßhaltigkeit

DE 2452486 C2

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Preßformen und Härten eines Stahlblechs mit geringer Materialdicke und guter Maßhaltigkeit, bei dem das Blech aus einem Stahl besteht, der weniger als 0,4% Kohlenstoff, Silizium in einem von der Stahlherstellungsmethode abhängigen, aber im übrigen unwesentlichen Gehalt, 0,5 bis 2,0% Mangan, höchstens 0,05% Phosphor und höchstens 0,05% Schwefel, 0,1—0,5% Chrom und/oder 0,05—0,5% Molybdän, bis zu 0,1% Titan, 0,0005—0,01% Bor, bis zu insgesamt 0,1% Aluminium und ggf. Gehalte an Kupfer und Nickel bis zu je 0,2% enthält, und das Blech auf eine Temperatur über A_{c3} , vorzugsweise zwischen 775 und 1000°C, erwärmt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Stahlblech danach in weniger als 5 Sekunden in die endgültige Form zwischen zwei indirekt gekühlten Werkzeugen unter wesentlicher Formveränderung gepreßt wird und unter Verbleiben in der Presse einer Schnellkühlung so unterzogen wird, daß ein martensitisches und/oder bainitisches feinkörniges Gefüge erzielt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Blech in seiner Dicke bis zu 25% verformt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Blech aus einem Stahl besteht, der höchstens 0,25%, vorzugsweise 0,15—0,25% Kohlenstoff, Silizium in einem von der Stahlherstellungsmethode abhängigen, im übrigen aber unwesentlichen Gehalt, 0,5—1,5%, vorzugsweise 0,7—1,5% Mangan, höchstens 0,03% Phosphor und höchstens 0,04% Schwefel, 0,1—0,3% Chrom und/oder 0,05—0,5% Molybdän, 0,02—0,1%, vorzugsweise 0,02—0,05% Titan, 0,0005—0,007%, vorzugsweise 0,0005—0,005% Bor, 0,03—0,1%, vorzugsweise 0,03—0,07% Aluminium sowie ggf. Gehalte an Kupfer und Nickel bis zu je 0,2% enthält.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Preßformen und Härten eines Stahlblechs mit geringer Materialdicke und guter Maßhaltigkeit gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein borlegierter Stahl dieser Zusammensetzung ist grundsätzlich bekannt, beispielsweise aus Neue Hütte, I (Mai 1956) H. 6, S. 322—332. Ein solcher borlegierter Stahl ist auch erläutert in Atlas zur Wärmebehandlung der Stähle, Bd. 2 (1972) S. 175, Verlag Stahl Eisen mbH, Düsseldorf. In erstgenannter Druckschrift ist ausführlich auf die Vorteile des Zulegierens von Bor in geeigneten Gehaltsgrenzen eingegangen, sowie angegeben, daß bessere Härteigenschaften und gute Kornfeinung in Verbindung mit geeigneten Zusätzen von Desoxydations- und Denitrierungsmitteln erreichbar sind. Aus der letztgenannten Druckschrift ist ein ZTU-Diagramm für einen borlegierten Stahl bestimmter Zusammensetzung, nämlich mit 0,27% Kohlenstoff, 0,20% Silizium, 0,67% Mangan, 0,017% Phosphor, 0,022% Schwefel, 0,034% Aluminium, 0,002% Bor, 0,50% Chrom, 0,45% Molybdän, 0,005% Stickstoff, 0,11% Nickel, Rest Eisen, bekannt.

Obgleich auf die Bedeutung der Querschnittsabmessungen grundsätzlich, nämlich bei einem Vergleich mit in anderer Weise legierten Stählen, eingegangen ist, ist den erwähnten Druckschriften nicht entnehmbar, ob borlegierte Stähle für Werkstücke geringer Materialdicke, insbesondere Stahlbleche in einer Dicke bis zu 6 mm, vorzugsweise unter 3 mm, von besonderer Bedeutung abgesehen von der erwähnten besseren Härtebarkeit sein können.

Gerade bei der Herstellung von gepreßten Werkstücken mit geringerer Dicke, insbesondere gepreßten dünnen Stahlblechen, ist gute Maßhaltigkeit von erheblicher Bedeutung.

Zwar ist es schon seit langem bekannt (DE-PS 86 163), Stahlplatten, wie Panzerplatten, und andere Stahlprodukte, wie Radreifen, Geschoßkörper od. dgl., zu härten und anzulassen unter Umständen mit gleichzeitiger Formung und Zurichtung (Pressung). Dabei wird das Kältemittel nicht in direkte Berührung mit dem Werkstück gebracht, sondern in einer außerhalb der das Formstück einschließenden Form umgewälzt. Wesentlich ist also eine schnelle Abkühlung im Sinne eines Abschreckens, um eine Härtung zu erreichen.

Dabei ist es bekannt (DE-AS 12 84 978) die Abkühlung derart durchzuführen, daß martensitisches und/oder bainitisches Gefüge erreicht wird.

Die Herstellung von dünnwandigen Stahlblechprodukten aus borlegiertem Stahl konnte jedoch durch das bekannte Verfahren nicht beeinflußt werden. Bei der Herstellung von Stahlprodukten dünner Dicke wird bisher in anderer Weise vorgegangen, wenn ein Produkt hoher Festigkeit erreicht werden soll.

Entweder wird von bandgehärtetem Material ausgegangen, d. h. die Härtung des dünnen Stahlblechs wird in Bandform durchgeführt. Nach der Härtung ist jedoch die Verformbarkeit derart begrenzt, daß lediglich ein Profil hergestellt werden kann, das keine Rillen, Falten od. dgl. mehr aufweist. Bei der Belastung derartiger Produkte tritt sogenanntes Buckeln auf, die lastaufnehmenden Teile nehmen lediglich etwa 50% der gesamten Produktoberfläche maximal ein. Die lastaufnehmenden Teile liegen in den Biegebereichen des Profils.

Oder es wird von geglühtem härtbaren Stahl ausgegangen. Dann kann ein Profil mit den gewünschten Rillen, Falten u. dgl. hergestellt werden, jedoch muß dieses Profil anschließend gehärtet werden, um die erwünschte hohe Festigkeit (mindestens 1000 MPa = 102 kp/mm²) zu erreichen. Nachteilig verformt sich jedoch dieses Profil bei der Härtung und kann sich verdrehen bzw. verwinden. Bereits bei der Härtung treten kleine Buckel an den Oberflächen auf. Ein auf diese Weise hergestelltes Produkt kann jedoch nur in geringem Umfang verwendet werden, es ist vor allem dann nicht verwendbar, wenn an die Formgenauigkeit gewisse Ansprüche gestellt werden, wie beispielsweise in der Kraftfahrzeugindustrie.

Beispielsweise sind energieabsorbierende, d. h. stoßdämpfende Werkstücke, wie Stoßfänger und andere Karosserieteile, in der Kraftfahrzeugindustrie üblich, die nicht nur hohe Festigkeit und gute Zähigkeit, sondern auch hohe Formgenauigkeit aufweisen müssen und ferner in Massenfertigung herstellbar sein müssen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Preßformen und Härten eines Stahlblechs mit geringer Materialdicke anzugeben, bei dem unter Beibehaltung guter Maßhaltigkeit und Formtreue ein borlegierter Stahl der eingangs genannten Art verwendbar ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Das dadurch erzeugte Profil ist eine genaue Kopie des Formraums ohne Verformungen und Verwindungen und ohne Buckel. Das erzeugte Produkt ist ferner ultrahochfest, weist die erwünschten Rillen, Falten od. dgl. auf und ist frei von irgendwelchen Buckeln.

Dabei ist von besonderem Vorteil, daß bei den verwendeten borhaltigen Stählen der Kohlenstoffgehalt niedriger ist wodurch die Temperatur für die Martensitbildung hoch ist, weshalb die erzeugten Produkte schon bei vergleichsweise hohen Temperaturen von 300 bis 350°C aus der Presse entnommen werden können, was kurze Zykluszeiten und damit hohe Wirtschaftlichkeit zur Folge hat, was für Massenprodukte von erheblicher Bedeutung ist.

Im Endeffekt können beispielsweise Stoßfänger für Kraftfahrzeuge hergestellt werden, deren Gewicht niedriger ist als ein entsprechendes aus Aluminium hergestelltes Profil gleicher Belastungsfähigkeit.

Die Erfindung wird durch die Merkmale der Unteransprüche weitergebildet.

In der Praxis wird das Blech zwischen zwei Werkzeugen oder mit Hilfe eines Druckmittels gegen ein Werkzeug gepreßt. Das Pressen erfolgt in weniger als 5 Sekunden, vorzugsweise in weniger als 3 Sekunden, damit das Formen abgeschlossen ist, bevor das erwünschte Härtings-Gefüge erhalten wird.

Das Kühlen wird so schnell durchgeführt, daß sich das erwünschte feinkörnige martensitische und/oder bainitische Gefüge ergibt. Die Abkühlgeschwindigkeit hängt von der Zusammensetzung des verwendeten borlegierten Stahls im einzelnen, d. h. von dem ZTU-Diagramm ab. Am Ende der schnellen Abkühlung befindet sich das Werkstück immer noch in der Presse. Die Abkühlung erfolgt indirekt. Da die Presse während des Abkühlens auch als Einspanneinrichtung dient, hat das erhaltene Endprodukt hohe Maßhaltigkeit. Ferner können sehr dünne tragende Blechkonstruktionen hoher Festigkeit hergestellt werden, was auf der Verwendung des borlegierten Stahls beruht. Die Kombination hoher Festigkeit mit guter Zähigkeit und hoher Formtreue ermöglicht die Herstellung auch energieabsorbierender, d. h. stoßdämpfender Werkstücke. Die preßgehärteten Blechkonstruktionen sind vor allem in Transportfahrzeugen für solche Teile anwendbar, die erfahrungsgemäß bei Kollisionen Stöße auffangen müssen, wie Stoßfänger oder andere Karosserieteile.

In der Möglichkeit, den verwendeten Stahl in gehärtetem Zustand ohne anschließendes Anlassen verwenden zu können liegt ein wesentlicher Vorteil. Ein zusätzlicher Wärmebehandlungsvorgang kann entfallen, der die Quelle für Maßungenauigkeiten sein kann. Darüber hinaus sind die erfindungsgemäß hergestellten Werkstücke härter.

Dabei ist zu bemerken, daß dem Stahl Titan und Aluminium in den angegebenen Gehalten vor der Zugabe von Bor zugegeben werden sollten, damit der Sauerstoff und der Stickstoff bei der Borzugabe gebunden sind, damit wiederum der niedrige Borgehalt viel zur Wirkung kommen kann. Der verwendete borlegierte Stahl ist ein schweißbarer Baustahl, dem durch die Wärmebehandlung außerordentlich hohe Festigkeit in Kombination mit hoher Zähigkeit vermittelt werden. Eine Streckgrenze von $> 120 \text{ kp/mm}^2$ ist bei einer Längsdehnung von ca. 10% nicht ungewöhnlich.

Der verwendete borlegierte Stahl ist in seiner Grundzusammensetzung ein Kohlenstoff-Mangan-Stahl, der durch den Borzusatz nach Härtung in Wasser oder Öl ein feinkörniges Gefüge erhält, das aus Niedrigtemperatur-Bainit und Hochtemperatur-Martensit besteht. Dieses Gefüge gibt dem borlegierten Stahl die Kombination aus Härte und Zähigkeit, während ein solcher nicht mit Bor legierter Stahl nach der Härtung sprödes Gefüge besitzt.

Darüber hinaus hat ein borlegierter Stahl auch ein bedeutend besseres Durchhärtungsvermögen als ein borfreier Stahl gleicher Grundzusammensetzung. Die sehr hohen Festigkeitswerte und die guten stoßdämpfenden Eigenschaften ergeben sich nach der Härtung. Eine geeignete Härtungstemperatur beträgt 900°C (zwischen 775 und 1000°C). Für Dicken des Stahlblechs bis zu 6 mm soll in Öl oder Salzwasser abgeschreckt werden.

Beispiele der Erfindung sind in der Tabelle erläutert, in der die Ergebnisse in Form von Festigkeitswerten und Härten für verschiedene Stahlzusammensetzungen und verschiedene Dicken zusammengefaßt sind.

Die Schweißbarkeit der borlegierten Stähle ist nach der Grundanalyse zu beurteilen, somit nach dem Kohlenstoff- und Mangangehalt, da das in der wärmebeeinflussten Zone erhaltene Gefüge für Wasserstoffversprödung nicht empfindlich ist. Die Borstähle in der Tabelle können somit leicht wie gewöhnliche hochfeste Baustähle geschweißt werden.

Wenn der Borstahl vor dem Pressen und Härten geschweißt werden soll, können die Eigenschaften des Grundwerkstoffes nach Härtung auch in der Schweißnaht dadurch erhalten werden, daß dem Borstahl angepaßte Sonderelektroden zur Anwendung kommen.

Tabelle

Beispiele nach Härtung erhaltener Festigkeit

Charge	Dicke mm	Analyse										Festigkeit		Härte	Härtemittel
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	B	Al		$\sigma_{0.2}$ kp/mm ²	σ_b %		
B 6959	6	0,24	0,37	0,94	0,030	0,019	0,197	0,040	0,0050	0,060		118 132	174 179	10 11	HB 470 10% Salzlösung
B 8307	6	0,19	0,31	0,77	0,016	0,016	0,207	0,032	0,0029	0,046		112 114	155 156	11 11	10% Salzlösung
A 2197	4	0,19	0,23	0,77	0,024	0,024	0,195	0,030	0,0031	0,040		119 119	153 158	10 12	10% Salzlösung
B 6938	4	0,23	0,39	0,87	0,020	0,023	0,196	0,043	0,0034	0,069		102 96	143 134	8 8	HRC 42 Öl
B 8307	6	0,19	0,31	0,77	0,016	0,016	0,207	0,032	0,0029	0,046		85 88	96 110	9 9	Öl